Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 2, Fall - Winter 2018, p. 365-376

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۷، ص ۳۷۶-۳۶۵

بررسی میزان کوفتگی میوه زیتون تحت بارگذاری ضربه

هدی کارگرپور[1*]- تیمور توکلی هشجین[2]- عباس همت[3]- برات قبادیان[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۱

چکیده

آسیب‌های مکانیکی ضربه ناشی از برداشت مکانیزه، انتقال و یا فرآوری محصولات کشاورزی تازه هر ساله باعث کاهش چشم‌گیری از درآمد تولید مواد غذایی می‌شود. میوه زیتون هم مانند بسیاری دیگر از میوه‌ها به ضربه بسیار حساس می‌باشد که می‌تواند منجر به آسیب مکانیکی (کوفتگی) گردد و باعث کاهش کیفیت این محصول شود. در این تحقیق، شکل کوفتگی در رقم روغنی، بیضوی و کشیده و در رقم کنسروالیا، کروی و متمرکز بود که علت آن می‌تواند به علت تفاوت در میزان کرویت و در نتیجه تفاوت در سطح برخورد در هنگام ضربه باشد. تأثیر رقم، جرم و ارتفاع سقوط بر مساحت و حجم کوفتگی با استفاده از آزمایش سقوط آزاد در دو رقم زیتون کنسروالیا و روغنی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تأثیر عوامل آزمایش بر روی حجم و سطح کوفتگی معنی‌دار بود و با افزایش ارتفاع و جرم حجم و سطح کوفتگی افزایش یافت. رقم روغنی به‌طور معنی‌داری سطح و حجم کوفتگی بالاتری نسبت به رقم کنسروالیا داشت. تأثیر نیرو و انرژی ضربه بر حجم کوفتگی نیز معنی‌دار شد و با افزایش نیرو و انرژی میزان حجم کوفتگی برای دو رقم مورد آزمایش افزایش یافت. سطح انرژی و نیرو در رقم کنسروالیا به علت جرم بالاتر این رقم، بالاتر بود در حالی‌که به علت تفاوت‌های ظاهری دو رقم و کمتر بودن کرویت و ضخامت گوشت نسبت به هسته در رقم روغنی حجم کوفتگی بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: آزمایش سقوط آزاد، آسیب مکانیکی، انرژی جذب شده، زیتون، نیروی ضربه

مقدمه

آسیب‌های مکانیکی ضربه ناشی از برداشت مکانیزه، انتقال و یا فرآوری محصولات کشاورزی تازه هر ساله باعث کاهش چشم‌گیری از درآمد تولید مواد غذایی می‌شود. تولید زیتون در جهان در سال ۲۰۱۴ حدود بیش از ۱۵/۵ میلیون تن برآورد شده است که از سطح زیر کشت ارقام مختلف زیتون با در جهان بیش از ۱۰/۳ میلیون هکتار می‌باشد (FAO, 2014). سهم ایران از این مقدار تولید زیتون در سال ۲۰۱۴ تنها ۴۰ هزار تن بود. با توجه به وجود مناطق مناسب کشت در ایران و تقاضای روزافزون بازار برای این محصول، توجه بیشتر به افزایش کیفیت و کمیت تولید در ایران مسئله بسیار مهمی است. برداشت این محصول در کشورهای تولیدکننده و مخصوصاً ایران بیشتر به‌صورت دستی انجام می‌گیرد که این امر موجب کاهش تولید و افزایش هزینه برداشت این محصول می‌شود. برداشت مکانیزه زیتون توسط لرزاننده‌ای که به تنه درخت متصل می‌شود انجام می‌گیرد. با ایجاد دامنه و فرکانس مشخص، میوه از شاخه جدا شده و بر روی صفحه جمع‌آوری سقوط می‌کند و این امر اولین مرحله ایجاد آسیب است (Ortiz *et al*., 2011). میوه زیتون هم مانند بسیاری دیگر از میوه‌ها به ضربه بسیار حساس می‌باشد که می‌تواند منجر به آسیب مکانیکی (کوفتگی) گردد و باعث کاهش کیفیت این محصول شود. کوفتگی در میوه زیتون شامل کبودی قهوه‌ای رنگ در محل کوفتگی است که در اثر ضربه، فشار و یا خراش ایجاد می‌شود. این آسیب از اولین ساعات پس از برداشت نمایان شده و با افزایش زمان بر میزان آن افزوده شده تا زمانی‌که میوه به محل صنایع بهره‌برداری برسد (Jiménez-Jiménez *et al*., 2012) و آسیب وارد به میوه حتی پس از فرآیند تخمیر نیز باقی می‌ماند (Segovia-Bravo *et al*., 2009). فرآیند تغییر رنگ بافت گوشت زیتون پس از کوفتگی، در اثر گسیختگی بافت میوه اتفاق می‌افتد که باعث آزادسازی مایعات درون سلولی و تماس آنها با هوای بین سلولی شده که منجر به اکسیداسیون ترکیبات فنولیک مانند اولئوروپئین و واکنش آنزیمی

۱- دانشجوی سابق دکتری مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲- استاد، عضو هیئت علمی گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳- استاد، عضو هیئت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: hoda.kargarpour@modares.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v8i2.62488

می‌شود (Segovia-Bravo *et al.*, 2009). این امر باعث کاهش شدید کیفیت ظاهری میوه زیتون در فرآیند فرآوری محصول می‌شود و بنابراین، برای حفظ کیفیت میوه پس از فرآوری باید سعی کرد از ایجاد کوفتگی از طریق محدود کردن سطح تنش وارده به میوه در زمان برداشت و پس از آن، جلوگیری به عمل آورد. هنگامی که نیروی اعمالی به بافت محصولات طبیعی از حد معینی تجاوز کند، دیواره برخی از سلول‌ها دچار پارگی شده و مایعات داخل سلول به بیرون نشت می‌کند. عواملی چون خصوصیات رقم، میوه، شامل ویژگی‌های بافت، مرحله رسیدگی، میزان آب، سفتی، دما و اندازه میوه بر مقدار آسیب کوفتگی در میوه‌ها تأثیر زیادی دارند (Mohensin, 1986) و تغییرات در این عوامل نقش به‌سزایی در ایجاد و توسعه کوفتگی در میوه دارد.

انرژی جذب شده توسط میوه در هنگام ضربه یکی از عوامل در ایجاد کوفتگی می‌باشد و به انرژی الاستیک و برجهش میوه پس از ضربه بستگی دارد. اندازه کوچک میوه زیتون یک عامل محدودکننده در اندازه‌گیری انرژی ضربه در کوفتگی است (Jiménez-Jiménez *et al.*, 2012). روش‌های زیادی برای اندازه‌گیری انرژی و نیروی ضربه در میوه‌های بزرگ تر از زیتون به‌کار گرفته شدند مانند میوه‌های الکترونیکی (Ortiz *et al.*, 2011; Praeger *et al.*, 2013)، آونگ تجهیز شده (Van Zeebroeck *et al.*, 2007; Afshary *et al.*, 2006, Abedi and Ahmadi, 2013) و کره فلزی (Opara, 2007) اما به‌کارگیری آن‌ها برای میوه زیتون مشکل است و به همین منظور از آزمایش سقوط آزاد که ضربه در یک نقطه از میوه وارد می‌شود استفاده شد (Mireei *et al.*, 2015). تحقیقات در زمینه تأثیر عوامل مختلف بر آسیب کوفتگی در میوه‌های مختلف از جمله سیب (Abedi and Ahmadi, 2013; Opara, 2007; Zhang *et al.*, 2017; Ghanbarian *et al.*, 2015)، هلو (Schulte and Timm, 1994)، گوجه‌فرنگی (Idah *et al.*, 2007, Van linden *et al.*, 2006)، سیب‌زمینی (Afshari *et al.*, 2008)، خرما (Mireei *et al.*, 2015)، انار (Mohammad Shafie *et al.*, 2016)، توت‌فرنگی (Asgarian Najafabadi *et al.*, 2013) و غیره انجام گرفته است.

با توجه توسعه سطح زیر کشت زیتون در کشور و نیاز به برداشت مکانیزه آن در آینده نزدیک و به اینکه میوه زیتون از جمله میوه‌های آسیب‌پذیر در زمینه کوفتگی می‌باشد، کوفتگی میوه زیتون تحت بارهای ضربه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق، آزمایش سقوط آزاد بر روی دو رقم زیتون کنسروی و روغنی انجام گرفت تا اثر عوامل مختلف بر آسیب کوفتگی در این میوه ارزشمند مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

دو رقم زیتون کنسروالیا و روغنی از باغات زیتون تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه گردید.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی دو رقم زیتون روغنی و کنسروالیا (Jadidi, 2014)

Table 1- Selected physical property of two olive cultivars (Jadidi, 2014)

خصوصیت **Property**	کنسروالیا **Conservolea**	روغنی **Roghani**
کرویت Sphericity	0.93 (0.02)**	0.8 (0.02)
محتوای رطوبت (٪ در گوشت) (% in flesh) Water content	65-70	55-60
محتوای روغن (٪ ماده خشک) Oil content (% dry matter)	25-30	30-35
نسبت گوشت به هسته Flesh/pit ratio (D_f/D_s)*	5.99 (0.45)	3.88 (0.69)
ضریب هسته Stone index (L_s/D_s)*	1.58 (0.1)	2.00 (0.14)
ضخامت گوشت (mm) Flesh width (mm)	5.04 (0.42)	3.73 (0.61)

*L و D طول و عرض میوه هستند و زیر نویس f و s به‌ترتیب، مربوط به میوه و هسته هستند.

**مقادیر داخل پرانتز نشان‌دهنده انحراف معیار می‌باشد.

* L and D were the length and diameter and the subscripts ‘f’ and‘s’ stood for fruit and stone, respectively.

** The numbers in parenthesis showed the standard deviations.

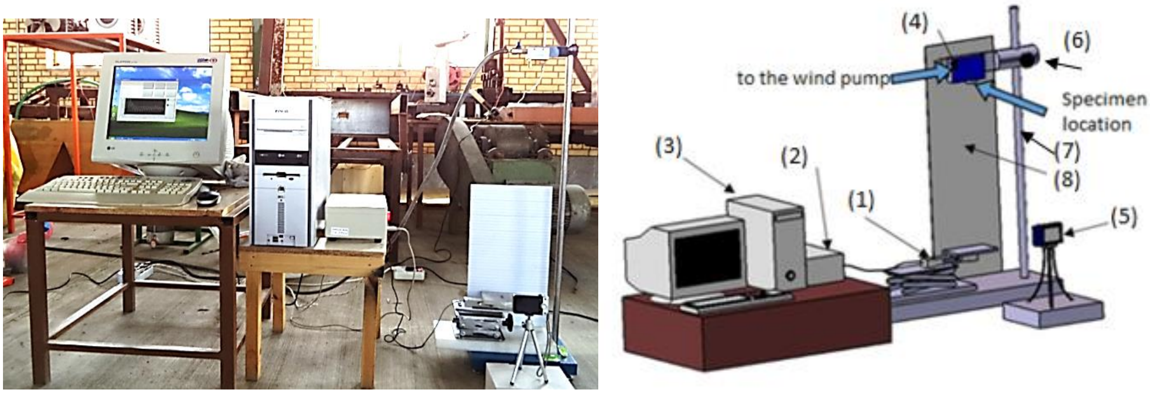
در جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی دو رقم آورده شده است.

زیتون‌ها در اواسط مهر ماه (۱۶۰ روز پس از تمام گل) از درخت

به‌صورت دستی برداشت شدند و در سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. پس از خروج نمونه از سردخانه برای آزمایش مدت یک ساعت به نمونه‌ها فرصت داده شد تا به دمای محیط برسند.

دستگاه سقوط آزاد

برای آزمایش ضربه از سقوط آزاد استفاده شد بدین منظور یک دستگاه سقوط آزاد طراحی و ساخته شد (شکل ۱). این دستگاه شامل یک پایه فولادی است که بارسنج بر روی آن قرار گرفته است. با استفاده از یک میله مدرج محل سقوط که بر روی یک استوانه فولادی قرار دارد قابل تنظیم است. شیر خلا و شیر قطع و وصل هوا بر روی استوانه فولادی پیچ شد. شیر قطع و وصل جریان به یک پمپ باد متصل شد. بارسنج و صفحه سقوط در زیر محل ضربه محکم شد. با استفاده از یک دوربین Sony Cyber Shot DSC-W710 تعبیه شده در مجاورت محل ضربه فیلم لحظه سقوط کلیه نمونه‌ها گرفته شد که در زمینه فیلم و پشت محل سقوط یک صفحه سفید مدرج قرار داده شد. ارتفاع برگشت پس از سقوط نمونه با استفاده از صفحه سفید مدرج پشت محل سقوط برآورد شد. انرژی ضربه پس از آزمایش برای کلیه نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 محاسبه شد.



شکل ۱– دستگاه سقوط آزاد و اجزای آن؛ (۱) لودسل تک نقطه‌ای و پایه نگدارنده، (۲) سامانه مونیتورینگ لودسل، (۳) کامپیوتر، (۴) شیر خلاء، (۵) دوربین، (۶) استوانه فولادی، (۷) میله مدرج و (۸) صفحه سفید مدرج

Fig. 1. Free-fall device and its components; (1) Single point load cell and kickstand, (2) Load cell monitoring system, (3) Computer, (4) Vacuum and air control valve, (5) Camera, (6) Steel cylinder, (7) Scaled rod, and (8) a white scaled surface

نیروی ضربه با استفاده از یک لودسل تک نقطه‌ای (PW6CMR, HBM Inc., Marlborough, A, USA) که در زیر صفحه سقوط آلومینیومی قرار داشت اندازه‌گیری شد. لودسل استفاده شده از نوع تک نقطه‌ای با ظرفیت ۵ کیلوگرم و کلاس دقت C3MR (±۰/۵ g) و حساسیت سیستم حسگر ±۰/۱٪ از مقیاس کامل بود. ذخیره‌سازی اطلاعات و نمایش گرافیکی آنها در یک کامپیوتر و با برنامه نوشته شده در LabVIEW (Version 5.0, National Instruments Co., Austin, TX, USA) انجام شد. دقت اندازه‌گیری نیرو و نرخ نمونه‌برداری سیستم به‌ترتیب، ۰/۱ N و ۱۰۰۰۰ Hz بود.

آزمایش سقوط آزاد

برای آزمایش سقوط آزاد ۵ سطح ارتفاع (۷۵ cm و ۷۰، ۶۵، ۶۰، ۵۵)، دو رقم (کنسروالیا و روغنی) و سه بازه جرم (سبک، متوسط و سنگین) به‌عنوان متغیرهای مستقل آزمایش در نظر گرفته‌شد. متغیرهای وابسته شامل سطح و حجم کوفتگی بودند. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار انجام شد (جمعاً ۳۰۰ آزمایش). انرژی جذب شده با استفاده از رابطه (۱) برای هر نمونه محاسبه شد.

$$E= mg (h_i – h_f) \quad (۱)$$

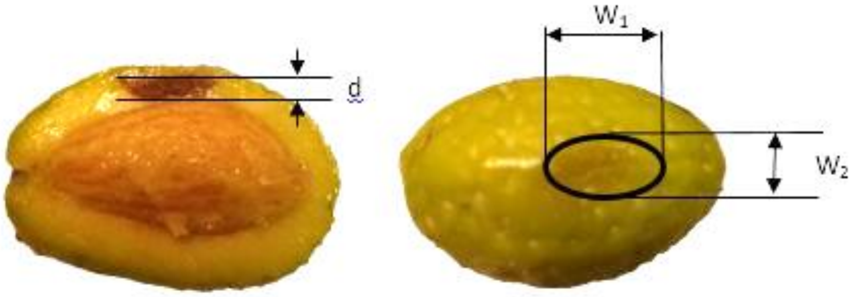
که در آن؛ E انرژی جذب شده (J)، m جرم نمونه (kg)، g شتاب ثقل ($۹/۸۱ \ m \ s^{-2}$)، h_i ارتفاع اولیه سقوط (m)، h_f ارتفاع برگشت (m). انرژی به‌دست آمده به ۵ گروه (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) تقسیم شد.

ابعاد کوفتگی ۲۴ ساعت پس از آزمایش با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. مساحت و حجم کوفتگی با توجه به اینکه مدل کوفتگی در میوه زیتون به شکل بیضوی بود، با استفاده از روابط زیر به‌دست آمد (Bollen *et al*., 1999):

$$BA = \frac{\pi}{4}\, w_1 w_2 \quad (۲)$$

$$BV = \frac{\pi d}{24}\,(3w_1 w_2 + 4d^2) \quad (۳)$$

که در آن، w_1 و w_2 به‌ترتیب طول و عرض کـوفتگی و d عمـق بیشینه کوفتگی بود (شکل ۲). خروجی بارسنج به‌صورت یـک نمـودار نیرو– زمان در نرم افزار Excel رسم شد. قلـه اول نمـودار بـه‌عنـوان نیروی ضربه در نظر گرفته شد. نیروی ضربه استخراج شده در ۵ گروه (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) تقسیم شد.



شکل ۲– طول (W_1)، عرض (W_2) و عمق کوفتگی (d) در میوه زیتون

Fig. 2. length (W_1), width (W_2), and depth (d) of olive fruit

نتایج و بحث

خلاصه تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیـری شـده در آزمـایش سقوط آزاد در جدول ۲ آمده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد کـه تأثیر رقم، جرم میوه و ارتفاع سقوط بر روی مساحت و حجم کوفتگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف عوامل آزمـایش در جـدول ۳ آمـده اسـت. بـا افزایش ارتفاع سقوط میـزان مسـاحت کـوفتگی بـه‌طـور معنـی‌داری افزایش می‌یابد و بیشترین میـزان مسـاحت (۱۹/۲۳ mm^2) در ارتفـاع سقوط ۷۰ cm اتفاق افتاد. مقدار سطح و حجم کـوفتگی در محـدوده ارتفاع ۵۰ تا ۶۵ سانتی‌متر تقریباً شبیه هم بود و در بازه ارتفاعی ۷۰ تا ۷۵ سانتی‌متر نیز مقدار سطح و حجم کوفتگی به‌طور معنی‌داری بیشتر از بازه قبل بود. رقم کنسروالیا به‌طـور معنـی‌داری مسـاحت کـوفتگی کمتری نسبت به رقم روغنی داشت.

جدول ۲–خلاصه تجزیه واریانس متغیر های اندازه‌گیری شده در آزمایش سقوط آزاد

Table 2- Analysis of variance of measured variables in free fall experiment

منابع تغییر Variables	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Sum of squares مساحت کوفتگی Bruise area	 حجم کوفتگی Bruise volume
رقم (a) Cultivar (a)	1	4176.917**	1456.697**
جرم زیتون (b) Olive mass (b)	2	166.09**	678.137**
ارتفاع (c) Height (c)	4	220.495**	889.174**
a×b	2	11.781ns	238.196ns
a×c	4	25.178ns	422.122ns
b×c	8	6.656ns	85.235ns
a×b×c	8	32.276ns	247.745ns
خطا Error	150	23.353	93.988
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		6.64	12.12

** و * به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشند. ns نشان‌دهنده فاقد اختلاف معنی‌دار است.

* and ** show significant effects of factors in probability levels of 5% and 1%, respectively. ns shows not significant.

با افزایش جرم زیتون به‌طور معنی‌داری سطح کوفتگی افزایش داشت و بیشترین مقدار آن، ۱۶/۵۴ mm^2 بود. این نتایج با نتایج به‌دست آمده از آزمایش سقوط آزاد برای دیگر محصولات نیز همخوانی دارد (Lewis *et al*., 2007; Idah *et al*., 2007, Ghanbarian *et al*., 2015). برای میوه زیتون رقم Memecik و Domat نیز با افزایش ارتفاع میزان مساحت و حجم کوفتگی افزایش داشت و بیشترین سطح و حجم کوفتگی در ارتفاع ۴/۵ متر و برای رقم Memecik به‌دست آمد که در پژوهش آن‌ها ارتفاع سقوط در محدوده ۰/۵ تا ۴/۵ متر قرار داشت (Saracoglu and Ozarslan, 2011).

برای رقم مانزانیلا نیز در سقوط آزاد از ارتفاع ۱ متر، مساحت کوفتگی پس از ۲۴ ساعت از زمان ضربه، برابر با ۱۹/۲ mm^2 به‌دست آمد که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد (Casanova *et al*., 2017). علت اختلاف کم میان داده‌ها در سطوح مختلف ارتفاع در آزمایش و بیشتر بودن مساحت کوفتگی در ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر می‌تواند به علت کم بودن اختلاف ارتفاع بین سطوح باشد. رقم روغنی در مقایسه با رقم کنسروالیا نسبت هسته به گوشت بالاتری دارد (جدول ۱) و این امر می‌تواند به کوفتگی بیشتر در آن کمک کند همچنین به علت داشتن روغن زیادتر و آب کمتر ممکن است در اثر ضربه پخش کوفتگی بیشتر از رقم کنسروالیا باشد و در نتیجه حجم و سطح کوفتگی بالاتری دارا بود. با افزایش جرم زیتون سطح ضربه افزایش می‌یابد و در نتیجه می‌توان گفت میزان سطح کوفتگی نیز بیشتر می‌شود. با افزایش جرم انرژی جنبشی افزایش می‌یابد و به تبع آن سطح ضربه نیز افزایش می‌یابد. با افزایش جرم و اندازه، سطح برخورد و توزیع تنش بیشتر می‌شود که سطح بیشتری به آستانه گسیختگی می‌رسد و آسیب می‌بینند. با افزایش جرم زیتون نسبت هسته به گوشت افزایش می‌یابد و می‌توان گفت زیتون‌های سنگین‌تر هسته‌های سنگین‌تر و بزرگتری را دارا هستند که در نتیجه همین امر می‌تواند موجب افزایش حجم کوفتگی در زیتون‌های سنگین‌تر شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین مساحت و سطح کوفتگی زیتون در سطوح مختلف عوامل آزمایشی

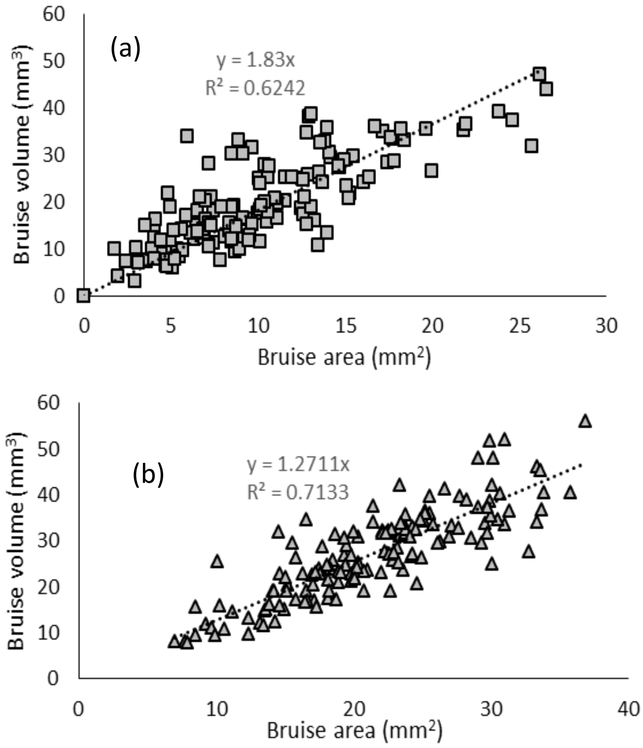
Table 3- Mean comparison of area and volume of bruise at different levels of experimental factors

عوامل Factors	سطوح Levels	مساحت کوفتگی Bruise area (mm^2)	حجم کوفتگی Bruise volume (mm^3)
ارتفاع (cm) Height	55	11.97^b	18.05^b
	60	11.18^b	18.53^b
	65	14.54^b	21.34^b
	70	19.23^a	27.31^a
	75	18.84^a	28.76^a
رقم Cultivar	روغنی Roghani	19.83^a	25.65^a
	کنسروالیا Conservolea	10.19^b	19.96^b
جرم Mass	سبک Light	13.24^b	19.79^b
	متوسط Medium	15.25^a	22.18^b
	سنگین Heavy	16.54^a	26.43^a

ارقام هر ستون با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

Different letters in the same column indicate significant differences among varieties ($P < 0.05$).

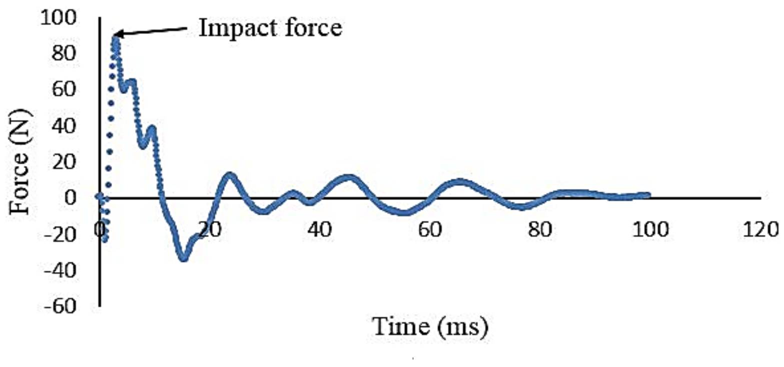
شکل ۳ بیانگر رابطه بین سطح و حجم آسیب دیدگی در دو رقم می‌باشد. همانطور که در شکل نیز دیده می‌شود برای هر دو رقم بین سطح و حجم کوفتگی رابطه خطی با ضریب تبیین قابل قبول (برای روغنی ۰/۷۱ و برای کنسروالیا ۰/۶۲) به‌دست آمد. با داشتن این روابط می‌توان زمان آزمایش‌ها را کوتاه نمود و با اندازه‌گیری سطح کوفتگی به کمک این روابط حجم کوفتگی را برای دو رقم زیتون روغنی و کنسروالیا به‌دست آورد.



شکل ۳- رابطه بین سطح و حجم کوفتگی در دو رقم زیتون (a) کنسروالیا و (b) روغنی

Fig. 3. Relation between bruise area and volume for two olive cultivars (a) Conservolea, and (b) Roghani

منحنی نیروی ضربه از بارسنج در شکل ۴ نمایش داده شده است. اولین قله از نمودار نمایشگر نیروی ضـربه در لحظـه برخـورد زیتـون روی سطح می‌باشد که به‌عنوان نیـروی ضـربه در نظـر گرفتـه شـد. نوسانات بعدی احتمالاً ناشی از ارتعاش سیستم در اثر ضربه مـی‌باشـد که در نظر گرفته نشد.



شکل ۴- نمودار تغییرات نیرو با زمان در سقوط از ارتفاع ۷۵ cm برای رقم کنسروالیا

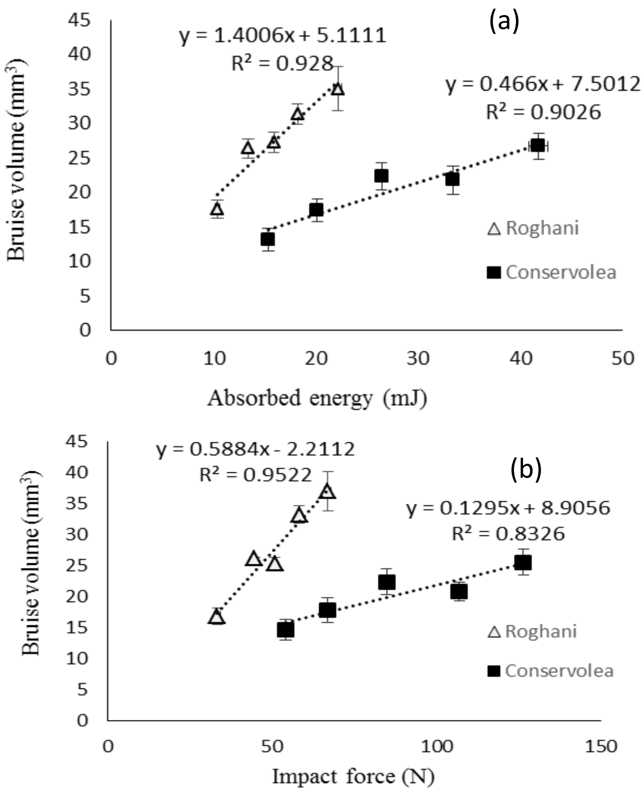
Fig. 4. Force-time curve output of load-cell at 65 cm height for Conservolea cultivar

تأثیر نیرو و انرژی جذب شده بر حجم کوفتگی در شکل ۵ بـرای دو رقم نشان داده شده است. همانطور که در شکل دیده مـی‌شـود بـا افزایش نیرو و انرژی ضربه حجم کوفتگی به‌طور معنی‌داری افـزایش داشت. این نتیجه با نتایج سایر محققین کـه روی دیگـر محصـولات کشاورزی پژوهش نمودند، نیز مطابقت داشت (Zarifneshat *et al.*, 2010, Van Linden *et al.*, 2006, Asgarian Najafabadi *et al.*, 2013). برای زیتون رقم مانزانیلا نیز بـا افـزایش سـطح انـرژی جذب شده در ضربه مقدار حجم کوفتگی به‌طـور معنـی‌داری افـزایش داشت (Jiménez-Jiménez *et al.*, 2012). همچـنین بـرای زیتـون رقم Memecik و Domat نیز انرژی ضربه بر روی سـطوح مختلـف (چوب، لاستیک و فولاد) با تغییر ارتفاع سقوط اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد که با افزایش ارتفاع سقوط، که موجب افزایش انرژی سقوط

نیز بود، حجم و سطح کوفتگی افزایش یافت و بیشترین مقدار کوفتگی نیز بر اثر برخورد زیتون روی سطح فولادی مشاهده شد که میزان جرم زیتون نیز نقش مهمی در میزان کوفتگی داشت (Saracoglu *et al.*, 2011).

همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود با افزایش نیرو و انرژی در هر دو رقم نیز حجم کوفتگی افزایش می‌یابد. در رقم روغنی با وجود کمتر بودن سطوح انرژی و نیروی ضربه اما حجم کوفتگی بیشتر است. عامل کمتر بودن سطح انرژی و نیرو در رقم روغنی می‌تواند به علت تفاوت در خصوصیات فیزیکی دو رقم و کمتر بودن جرم رقم روغنی باشد (جدول ۱). زیرا در حالتی که ارتفاع سقوط برابر است عامل افزایش انرژی و نیرو عامل جرم می‌باشد که جرم رقم کنسروالیا بیشتر از رقم روغنی است. علت بالاتر بودن حجم کوفتگی در رقم روغنی نسبت به رقم کنسروالیا می‌تواند به علت تفاوت دو رقم در شکل ظاهری باشد که رقم کنسروالیا به علت بالاتر بودن کرویت سطح برخورد کوچکتر و با شکل دایره و نقطه‌ای دارد و رقم روغنی به علت کشیده‌تر بودن و کمتر بودن کرویت سطح برخورد بزرگتر و با شکل بیضوی دارد که می‌تواند موجب افزایش سطح کوفتگی شود (شکل ۶).

همانطور که در شکل ۶ نیز مشاهده می‌شود در هر دو رقم کوفتگی چند میلی‌متر زیر پوست اتفاق افتاده است. از این رو می‌توان دریافت که آسیب ضربه گویا بیشتر به قسمت اندوکارپ گوشت آسیب رسانده است. قسمت اندوکارپ گویی بین دو لایه سخت هسته و مزوکارپ فشرده شده است. با اعمال ضربه به میوه لایه مزوکارپ که کشسان و مستحکم‌تر است، لایه اندوکارپ را بین خود و هسته فشرده است. با قطع نیروی ضربه لایه مزوکارپ به سمت حالت اولیه خود بازگشته است و لایه تخریب شده از مقطع عرضی خود دچار گسستگی شده و این امر باعث ایجاد لایه اسفنجی مانند در قسمت اندوکارپ می‌شود (Shoa and Hemmat, 2014). مشاهدات وجود ناحیه تیره رنگ در قسمت کوفتگی را نشان داد که این کوفتگی در نتیجه ضربه و ایجاد یک عکس‌العمل آنزیمی در بافت شده که موجب تغییر رنگ در بافت شده است (Jiménez *et al.*, 2016)



شکل ۵- تأثیر انرژی جذب شده (a) و نیرو (b) و بر حجم کوفتگی در دو رقم زیتون روغنی و کنسروالیا. خطوط عمودی نشان‌گر خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

Fig. 5. The effect of impact force (a) and absorbed energy (b) on bruise volume of Roghani and Conservolea olive cultivars. The error bars indicates standard errors (±SE).

شکل کوفتگی در دو رقم مورد آزمایش نیز متفاوت بود (شکل ۶). در رقم روغنی شکل کوفتگی بیضوی و در رقم کنسروالیا کروی بود به عبارت دیگر در رقم روغنی بافت کوفته شده کشیده‌تر و در رقم کنسروالیا متمرکزتر بود. در تحقیقات گذشته نیز شکل کوفتگی در زیتون هم به‌صورت بیضوی (Saracoglu *et al*., 2011) و هم به‌صورت کروی مانند آنچه در سیب و گلابی اتفاق می‌افتد (Blahovec and Paprstein, 2005; Opara, 2007) گزارش کردند. این امر می‌تواند به علت تفاوت ظاهری در دو رقم باشد زیرا رقم روغنی کرویت کمتری نسبت به رقم کنسروالیا داشت و می‌توان نتیجه گرفت که ظاهر بافت کوفته شده متناسب با شکل کلی و میزان کرویت زیتون بود. همچنین بزرگتر بودن هسته و کمتر بودن ضخامت گوشت در رقم روغنی نیز می‌تواند دلیل دیگری برای بیشتر بودن حجم کوفتگی در این رقم باشد. هسته در هنگام برخورد چون سنگین و سخت است مانند یک مانع عمل می‌کند که خود موجب ایجاد فشار از طرف دیگر به بافت می‌گردد هرچه هسته بزرگتر و سنگین‌تر شود این فشار بیشتر می‌شود از طرف دیگر در رقم روغنی علاوه بر بزرگتر بودن هسته ضخامت گوشت نیز کمتر است و در نتیجه لایه گوشت موجود بین سطح ضربه و هسته کمتر است و آسیب به بافت بیشتر می‌شود.



(a) (b)

شکل ٦– شکل بافت کوفته شده در دو رقم زیتون؛ (a) رقم کنسروالیا و (b) رقم روغنی

Fig. 6. The bruised texture in two cultivars; cv. Conservolea (a), and cv. Roghani (b)

نتیجه‌گیری

اگرچه در پژوهش‌هایی که برای مطالعه صدمات مکانیکی به میوه زیتون انجام گرفتند، که عمدتاً هم در کشور اسپانیا بودند، ارتفاع سقوط را بیشتر از ۱ متر در نظر گرفتند اما پژوهش حاضر نشان داد که برای ارقام مورد استفاده در ایران حتی در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری هم امکان صدمات مکانیکی وجود دارد. رقم زیتون روغنی نسبت به رقم کنسروالیا حساسیت بیشتری به صدمات مکانیکی داشت. تأثیرات رقم، ارتفاع و جرم در آزمایش سقوط آزاد بر حجم و سطح کوفتگی برای دو رقم زیتون روغنی و کنسروالیا به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تأثیر عوامل آزمایش بر روی حجم و سطح کوفتگی معنی‌دار بود و با افزایش ارتفاع و جرم حجم و سطح کوفتگی افزایش یافت. رقم روغنی به‌طور معنی‌داری سطح و حجم کوفتگی بالاتری نسبت به رقم کنسروالیا داشت. تأثیر نیرو و انرژی ضربه بر حجم کوفتگی نیز معنی‌دار شد و با افزایش نیرو و انرژی میزان حجم کوفتگی برای دو رقم مورد آزمایش افزایش یافت. سطح انرژی و نیرو در رقم کنسروالیا به علت جرم بالاتر این رقم، بالاتر بود در حالی‌که به علت تفاوت‌های ظاهری دو رقم و کمتر بودن کرویت و ضخامت گوشت نسبت به هسته در رقم روغنی حجم کوفتگی بیشتر بود. شکل هندسی صدمات مکانیکی که به‌صورت کوفتگی در گوشت میوه ظاهر می‌شود، بستگی به شکل هندسی میوه داشت. به‌طور مثال در زیتون کنسروالیا و روغنی که شکل هندسی آنها به‌ترتیب کروی و بیضوی هستند، شکل کوفتگی نیز به همان شکل در گوشت ظاهر شد.

References

1. Abedi, M., and E. Ahmadi. 2014. Bruise susceptibilities of Golden Delicious apples as affected by mechanical impact and fruit properties. The Journal of Agricultural Science 152 (3): 439-447.
2. Afshari, H., S. Minaeei, M. Almasi, and P. Abdolmaleki. 2006. The assessment of potato damage under

dynamic loading. Journal of science and food industry 5 (2): 69-79. (In Farsi).
3. Asgarian Najafabadi, S. A., H. R. Ghasemzadeh, and M. Moghadam. 2013. Laboratory study of two cultivars of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*) to bruising. Journal of Agricultural Machinery 3 (1): 41-47. (In Farsi).
4. Blahovec, J., and F. Paprstein. 2005. Susceptibility of pear varieties to bruising. Postharvest Biology and Technology 38 (3): 231-238.
5. Bollen, A. F., H. X. Nguyen, and B. T. De la Rue. 1999. Comparison of methods for estimating the bruise volume of apples. Journal of Agricultural Engineering Research 74 (4): 325-330.
6. Casanova, L., M. Corell, M. P. Suárez, P. Rallo, M. J. Martín-Palomo, and M. R. Jiménez. 2017. Bruising susceptibility of Manzanilla de Sevilla table olive cultivar under Regulated Deficit Irrigation. Agricultural Water Management 189: 1-4.
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2014. Food Supply - Crops Primary Equivalent. Available at: http://www.fao.org/faostat/en/#data/CC.
8. Ghanbarian, D., M. Shirvani, M. Ghasemi Varnamkhasty, and H. Golestanian. 2015. The effects of the dropping height and contact surface on bruising of export apples. Journal of Agricultural Machinery 5 (1): 122-133. (In Farsi).
9. Idah, P. A., E. S. A. Ajisegiri, and M. G. Yisa. 2007. An assessment of impact damage to fresh tomato fruits. AU Journal of Technology 10 (4): 271-275.
10. Jadidi, Z. 2014. Evaluation of the performance and fruit features of some olive cultivars in Isfahan. Faculty of agriculture. Isfahan University of Technology.
11. Jiménez-Jiménez, F., S. Castro-García, G. L. Blanco-Roldán, J. Agüera-Vega, and J. A. Gil-Ribes. 2012. Non-destructive determination of impact bruising on table olives using Vis–NIR spectroscopy. Biosystems Engineering 113: 371-378.
12. Jiménez-Jiménez, F., S. Castro-García, G. L. Blanco-Roldán, L. Ferguson, U. A. Rosa, and J. A. Gil-Ribes. 2013. Table olive cultivar susceptibility to impact bruising. Postharvest Biology and Technology. 86: 100-106.
13. Jiménez, M. R., P. Rallo, H. F. Rapoport, and M. P. Suárez. 2016. Distribution and timing of cell damage associated with olive fruit bruising and its use in analyzing susceptibility. Postharvest Biology and Technology 111: 117-125.
14. Lewis, R., A. Yoxall, L. Canty, and E. R. Romo. 2007. Development of engineering design tools to help reduce apple bruising. Journal of Food Engineering 83: 356-365.
15. Mireei, S. A., M. Sadeghi, A. Heidari, and A. Hemmat. 2015. On-line firmness sensing of dates using a non-destructive impact testing device. Biosystems Engineering 129: 288-297.
16. Mohammad Shafie, M. A. Rajabipour, H. Mobli, and M. Khanali. 2016. The effect of dropping impact on bruising pomegranate fruit. Journal of Agricultural Machinery 6 (1): 176-187. (In Farsi).
17. Mohsenin, N. N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
18. Opara, L. U. 2007. Bruise susceptibilities of ‘Gala’ apples as affected by orchard management practices and harvest date. Postharvest Biology and Technology 43: 47-54.
19. Ortiz, C., J. Blasco, S. Balasch, and A. Torregrosa. 2011. Shock absorbing surfaces for collecting fruit during the mechanical harvesting of citrus. Biosystems Engineering 110: 2-9.
20. Praeger, U., J. Surdilovic, I. Truppel, B. Herold, and M. Geyer. 2013. Comparison of electronic fruits for impact detection on a laboratory scale. Sensors 13: 7140-7155.
21. Saracoglu, T., N. Ucer, and C. Ozarslan. 2011. Engineering properties and susceptibility to bruising damage of table olive (*Olea europaea*) fruit. International Journal of Agriculture and Biology 13 (5): 801-805.
22. Schulte N. L., E. J. Timm, and G. K. Brown. 1994. ‘Redhaven’ peach impact damage thresholds. Horticulture Science 29 (9): 1052-1055.
23. Segovia-Bravo, K. A., M. Jarén-Galán, P. García-García, and A. Garrido-Fernández. 2009. Browning reactions in olives: mechanism and polyphenols involved. Food Chemistry 114 (4): 1380-1385.
24. Shoa, P., and A. Hemmat. 2014. Assessment of two olive cultivars sensitivity to impact damage. 8th national congress of agricultural machinery and mechanization engineering. Mashhad, Iran. (In Farsi).
25. Van linden, V., N. Scheerlinck, M. Desmet, and J. De Baerdemaeker. 2006. Factors that affect tomato bruise development as a result of mechanical impact. Postharvest Biology and Technology 42: 260-270.

26. Van Zeebroeck, M., H. Ramon, J. De Baerdemaeker, B. Nicolaï, and E. Tijskens. 2007. Impact damage of apples during transport and handling. Postharvest Biology and Technology 45: 157-167.
27. Zarifneshat, S., H. R. Ghassemzadeh, M. Sadeghi, M. H. Abbaspour-Fard, E. Ahmadi, A. Javadi, and M. T. Shervani-Tabar. 2010. Effect of impact level and fruit properties on Golden Delicious apple bruising. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 5: 114-121.
28. Zhang, Sh., X. Wu, Sh. Zhang, Q. Cheng, and Z. Tan. 2017. An effective method to inspect and classify the bruising degree of apples based on the optical properties. Postharvest Biology and Technology 127: 44-52.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 2, Fall - Winter 2018, p. 365-376

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۷، ص ۳۷۶-۳۶۵

Assessment of Mechanical Damage on Olive Fruit under Impact Loading

H. Kargarpour[1*]- T. Tavakoli Hashjin[2]- A. Hemmat[3]- B. Ghobadian[2]

Received: 09-02-2017
Accepted: 02-07-2017

Introduction

The olive fruit (*Olea europaea* L.) is so sensitive to impact like many other crops that would lead to mechanical damage and bruising which reduce the quality of it. The olive fruit damage includes a brownish bruise at the bruised location. Most mechanical impact damage occurs during harvesting, handling and transportation. Bruise sensitivity of two common olive cultivars in Iran (cv. Roghani and cv. Conservolea) was studied by free fall method because of development of the area under olive cultivation in Iran, and necessity to mechanical harvest in near future.

Materials and Methods

Two cultivar of olive fruit named Conservolea and Roghani were collected from Research Orchard of Horticultural Department of Isfahan University of Technology. A free-fall device was designed and built to accomplish an impact experiment which included a load cell monitoring system to measure impact force. The effect of cultivar, height and mass were studied in a factorial experiment. The factors consisted of two cultivar, height at five levels, and mass at three levels with 10 replications. The experiments were performed according to completely randomized design. The effect of impact force and absorbed energy was also studied for the two cultivars. The dimensions of bruising was measured 24 hours after the tests by a caliper with an accuracy of 0.01 mm. The bruising area and volume was calculated assuming the elliptical model for the bruised region. Experimental data were subjected to analysis of variance (ANOVA). Mean comparison was performed based on least significant difference (LSD) test with $P<0.05$.

Results and Discussion

For both cultivars the bruising occurred under the skin and near to the stone. This could show the effect of stone at bruising. The shape of bruised region was elliptical in cv. Roghani and spherical in cv. Conservolea. The bigger stone index and the lower flesh width of cv. Roghani might be one of the reasons of more volume of bruising in this cultivar. This variety could be due to less sphericity in cv. Roghani than cv. Conservolea. The distribution of bruising was more in Roghani cultivar since it had more oil and less water content that might led to more bruising distributed under impact condition so the volume of bruising was more than Conservolea cultivar. The effects of cultivar, height and mass were significant on area and volume of bruising. Increasing height and mass significantly resulted to increase the area and volume of bruising for both cultivars. The bruise area and volume were significantly higher in cv. Roghani. This could be due to differences in physical properties of the cultivars. Roghani cultivar had a higher pit/flesh ratio in comparison with Conservolea cultivars that could contribute to more area of bruising in this cultivar. Increasing the force and energy led to increase in bruise volume for both cultivars. In cv. Roghani, despite the lower levels of force and energy, the bruise volume was more than cv. Conservolea. The reason of lower energy and force in cv. Roghani might be as a result of lower mass than cv. Conservolea.

Conclusions

The results showed that the effects of independent variables were significant on the volume and area of bruising so that, increasing height and mass increased the volume and area of bruising. The Roghani cv. was

1- Phd student of mechanics of biosystem, Faculty of agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran
2- Professor, Faculty member of mechanics of biosystem department, Faculty of agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran
3- Professor, Faculty member of mechanics of biosystem department, Faculty of agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan
(*- Corresponding Author Email: hoda.kargarpour@modares.ac.ir)

significantly more sensitive to bruising compared to Conservolea cv. The energy and force levels were higher in cv. Conservolea since it was heavier than cv. Roghani while the volume of the bruise was more in cv. Roghani. This might be due to the lower sphericity and flesh/pit ratio in cv. Roghani. The shape of mechanical damage which was appeared with a brownish bruising on olive tissue was related to the geometric shape of the fruit i.e. for cv. Roghani and cv. Conservolea the bruising was elliptical in and spherical just like the geometric shape of the cultivars.

Keywords: Absorbed energy, Free fall experiment, Impact force, Mechanical damage, Olive fruit